

Energia Solar e Eólica 2

Paulo Jayme Pereira Abdala
(Organizador)

 **Atena**
Editora

Ano 2019

Paulo Jayme Pereira Abdala
(Organizador)

Energia Solar e Eólica 2

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Karine de Lima

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

E56 Energia solar e eólica 2 [recurso eletrônico] / Organizador Paulo Jayme Pereira Abdala. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Energia Solar e Eólica; v. 2)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-067-4

DOI 10.22533/at.ed.674192201

1. Energia – Fontes alternativas. 2. Energia eólica. 3. Energia solar. I. Abdala, Paulo Jayme Pereira.

CDD 621.042

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

As chamadas energias renováveis, também conhecidas como energias alternativas ou ainda energias limpas são três denominações possíveis para qualquer forma de energia obtida por meio de fontes renováveis, e que não produzem grandes impactos ambientais negativos. Atualmente, com a grande preocupação mundial em compensar as emissões de CO₂, o consumo deste tipo de energia tem sido o foco de governos e empresas em todo globo.

Neste sentido, o Brasil possui uma matriz energética bastante limpa, onde predomina o uso de hidrelétricas, apesar do crescimento do uso de termelétricas, as quais são abastecidas por combustível fóssil. No Brasil, o setor energético é responsável por grande parte das emissões de CO₂, ficando atrás somente do setor agrícola que reapresenta a maior contribuição para o efeito estufa brasileiro.

A energia proveniente do sol é a alternativa renovável mais promissora para o futuro e, por este motivo tem recebido maior atenção e também mais investimentos. A radiação solar gratuita fornecida pelo sol pode ser captada por placas fotovoltaicas e ser posteriormente convertida em energia elétrica. Esses painéis usualmente estão localizados em construções, como indústrias e casas, o que proporciona impactos ambientais mínimos. Esse tipo de energia é uma das mais fáceis de ser implantada em larga escala. Além de beneficiar os consumidores com a redução na conta de energia elétrica reduzem as emissões de CO₂.

Com relação à energia eólica, o Brasil faz parte do grupo dos dez países mais importantes do mundo para investimentos no setor. As emissões de CO₂ requeridas para operar esta fonte de energia alternativa são extremamente baixas e é uma opção atrativa para o país não ser dependente apenas das hidrelétricas. Os investimentos em parques eólicos vem se tornando uma ótima opção para neutralização de carbono emitidos por empresas, indústrias e etc.

Neste contexto, este EBOOK apresenta uma importante contribuição no sentido de atualizar os profissionais que trabalham no setor energético com informações extremamente relevantes. Ele está dividido em dois volumes contendo artigos práticos e teóricos importantes para quem deseja informações sobre o estado da arte acerca do assunto.

Paulo Jayme Pereira Abdala

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	10
ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA PARA A INSTALAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS NOS CAMPI IFG ITUMBIARA E URUAÇU	
Sergio Batista da Silva Olívio Carlos Nascimento Souto Fernando Nunes Belchior Ghunter Paulo Viajante Elias Barbosa Macedo Vera Ferreira Souza	
DOI 10.22533/at.ed.6741922011	
CAPÍTULO 2	24
ESTUDO DE VIABILIDADE PARA IMPLEMENTAÇÃO DE UMA PLANTA FOTOVOLTAICA INTEGRADA EM UM SHOPPING CENTER DE FORTALEZA - CE	
Sofia da Costa Barreto Paulo Cesar Marques de Carvalho	
DOI 10.22533/at.ed.6741922012	
CAPÍTULO 3	41
ESTUDO DO COMPORTAMENTO E QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DO ABACAXI SECADO EM SECADOR HÍBRIDO SOLAR-ELÉTRICO	
Raphaela Soares da Silva Camelo Juliana Lobo Paes Milena Araujo Silva Madelon Rodrigues Sá Braz Dhiego Santos Cordeiro da Silva Camila Lucas Guimarães	
DOI 10.22533/at.ed.6741922013	
CAPÍTULO 4	54
ESTUDOS TEÓRICOS E EXPERIMENTAIS SOBRE O CUINSE ₂ E SUA APLICAÇÃO EM DISPOSITIVOS FOTOVOLTAICOS	
Yuri Hamayano Lopes Ribeiro Denis Gilbert Francis David Marcus Vinícius Santos da Silva Jailton Souza de Almeida	
DOI 10.22533/at.ed.6741922014	
CAPÍTULO 5	66
EXPERIÊNCIA DE CURSO GRATUITO DE INSTALADOR DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE OFERECIDO PELO IFTO CAMPUS PALMAS	
Claudio Silva dos Santos Abimael Ribeiro Martins Adail Pereira Carvalho Brunno Henrique Brito	
DOI 10.22533/at.ed.6741922015	
CAPÍTULO 6	78
IMPACTO DA LEI PALMAS SOLAR NA ANÁLISE FINANCEIRA DA MICROGERAÇÃO FOTOVOLTAICA EM PALMAS - TO	
Isamara Quirino de Castro Carlos Brunno Henrique Brito	

Felipe Tozzi Bittencourt
DOI 10.22533/at.ed.6741922016

CAPÍTULO 7 91

IMPACTOS DOS INCENTIVOS DOS GOVERNOS DO ESTADO E DO MUNICÍPIO NA MICROGERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA EM PALMAS - TO

Allan Carlos do Nascimento Silva
Brunno Henrique Brito

DOI 10.22533/at.ed.6741922017

CAPÍTULO 8 104

IMPLANTAÇÃO E AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE DOIS GERADORES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS DIRETAMENTE NO BARRAMENTO C.C. DO LABORATÓRIO DE SISTEMAS HÍBRIDOS/MINIRREDES (GEDAE/UFPA)

Jorge Augusto Leal Corrêa
Claudomiro Fábio de Oliveira Barbosa
Marcos André Barros Galhardo
João Paulo Alves Veríssimo
Israel Hidai Lobato Lemos
Edinaldo José da Silva Pereira
João Tavares Pinho

DOI 10.22533/at.ed.6741922018

CAPÍTULO 9 121

INFLUÊNCIA DA SUJEIRA NA GERAÇÃO FOTOVOLTAICA

Elismar Ramos Barbosa
Merlim dos Santos Ferreira de Faria
Fabio de Brito Gontijo

DOI 10.22533/at.ed.6741922019

CAPÍTULO 10 132

INFLUÊNCIA DO ESPECTRO SOLAR EM MÓDULOS FOTOVOLTAICOS SOB CÉU LIMPO, CÉU PARCIALMENTE NUBLADO E CÉU NUBLADO

Guilherme Marques Neves
Waldeir Amaral Vilela
Enio Bueno Pereira
Luiz Angelo Berni

DOI 10.22533/at.ed.67419220110

CAPÍTULO 11 146

INTENSIFICAÇÃO DA TRANSFERÊNCIA DE CALOR EM COLETOR SOLAR DE PLACA PLANA ATRAVÉS DE GERADOR DE VÓRTICE LONGITUDINAL DO TIPO DELTA

Felipe Augusto Santos da Silva
Leandro Oliveira Salviano

DOI 10.22533/at.ed.67419220111

CAPÍTULO 12 161

METODOLOGIA COMPUTACIONAL DE CONTROLE DE QUALIDADE DE DADOS DE IRRADIÂNCIA SOLAR

Marcus Vinícius Contes Calça
Matheus Rodrigues Raniero
Alexandre Dal Pai
Carlos Roberto Pereira Padovani
Domingos Mario Zeca Fernando

CAPÍTULO 13 174

PROJETO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA ABRIGOS DE PONTOS DE ÔNIBUS NA AV. ALMIRANTE BARROSO – BELÉM/PA

Ana Laura Pinheiro Ruivo Monteiro
Edinaldo José da Silva Pereira
Everton Leandro Santos Amaral
Ítalo de Sousa
Magda Tayane Abraão de Brito

DOI 10.22533/at.ed.67419220113

CAPÍTULO 14 191

PROJETO PRELIMINAR DE UM RADIÔMETRO ABSOLUTO PARA MEDIR A IRRADIÂNCIA SOLAR TOTAL

Franciele Carlesso
Jenny Marcela Rodriguez Gomez
Luiz Angelo Berni
Graziela da Silva Savonov
Luis Eduardo Antunes Vieira
Waldeir Amaral Vilela
Edson Luiz de Miranda

DOI 10.22533/at.ed.67419220114

CAPÍTULO 15 200

PROJETO, DESENVOLVIMENTO E TESTE DE FOGÕES SOLARES

Diego Lopes Coriolano
Erico Diogo Lima da Silva
Iraí Tadeu Ferreira de Resende
Vanina Cardoso Viana Andrade
Denilson Pereira Gonçalves
Renan Tavares Figueiredo
Odélsia Leonor Sanchez de Alsina

DOI 10.22533/at.ed.67419220115

CAPÍTULO 16 213

PROPOSTA DE RETROFIT NO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO E ESTUDO DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA EM UM DOS BLOCOS DA UTFPR EM CURITIBA

Larissa Barbosa Krasnhak
Jair Urbanetz Junior

DOI 10.22533/at.ed.67419220116

CAPÍTULO 17 229

PROPOSTA DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA OTIMIZAÇÃO DO GASTO PÚBLICO COM O CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DE UMA UNIDADE DE ENSINO FEDERAL IMPLANTADA NA REGIÃO DO VALE DO SÃO FRANCISCO

Adriano Moraes da Silva
Rebeca Lorena Santos Maia e Silva
Danielle Bandeira de Mello Delgado

DOI 10.22533/at.ed.67419220117

CAPÍTULO 18 246

PLATAFORMA PORTÁTIL E DE BAIXO CUSTO PARA A AQUISIÇÃO DA CURVA CARACTERÍSTICA

DE CÉLULAS SOLARES FOTOVOLTAICAS

Júlio César Madureira Silva
Augusto César da Silva Bezerra
Claudinei Rezende Calado
Ana Luiza F. Maia
Amanda Ribeiro Amorim

DOI 10.22533/at.ed.67419220118

CAPÍTULO 19 255

SISTEMA DE AQUISIÇÃO PARA PAINÉIS FOTOVOLTAICOS COM ARMAZENAMENTO DE DADOS EM SERVIDOR REMOTO UTILIZANDO PLATAFORMAS OPEN SOURCE RASPBERRY PI E ARDUINO

José Ilton de Oliveira Filho
Wilk Coelho Maia

DOI 10.22533/at.ed.67419220119

CAPÍTULO 20 263

SUJIDADE DEPOSITADA SOBRE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS INSTALADOS EM GOIÂNIA: MORFOLOGIA E COMPOSIÇÃO QUÍMICA

Pedro Victor Valadares Romanholo
Bernardo Pinheiro de Alvarenga
Enes Gonçalves Marra
Sérgio Pires Pimentel

DOI 10.22533/at.ed.67419220120

CAPÍTULO 21 275

TRATAMENTO E ANÁLISE DE DADOS SOLARIMÉTRICOS DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DA EMC/UFG

Jéssica Alice Alves da Silva
Bernardo Pinheiro de Alvarenga
Sérgio Pires Pimentel
Enes Gonçalves Marra

DOI 10.22533/at.ed.67419220121

CAPÍTULO 22 290

TESTES DE SENSIBILIDADE PARA DIFERENTES PARAMETRIZAÇÕES CUMULUS DO MODELO WRF PARA MELHORAR AS ESTIMATIVAS DE VENTO

Lucia Iracema Chipponelli Pinto
Francisco Jose Lopes de Lima
Fernando Ramos Martins
Enio Bueno Pereira

DOI 10.22533/at.ed.67419220122

CAPÍTULO 23 303

O ENSINO SOBRE ENERGIAS RENOVÁVEIS NOS CURSOS DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA NAS UNIVERSIDADES BRASILEIRAS

André Barra Neto
Ana Paula Pinheiro Zago
Márcia Helena da Silva
Mirian Sousa Moreira
José Eduardo Ferreira Lopes

DOI 10.22533/at.ed.67419220123

CAPÍTULO 24	317
POTENCIALIDADE DO BIOGÁS GERADO PELA CODIGESTÃO ENTRE DEJETO BOVINO E SUÍNO	
<ul style="list-style-type: none"> Juliana Lobo Paes Camila Ferreira Matos Gabriel Araújo e Silva Ferraz Giancarlo Bruggianesi Camila Kelly de Queiroz Caroline Stephanie Gomes de Castro Soares 	
DOI 10.22533/at.ed.67419220124	
CAPÍTULO 25	333
SIMULAÇÃO DE UMA PLANTA OTEC DE CICLO FECHADO OPERANDO NO BRASIL	
<ul style="list-style-type: none"> Marcus Godolphim de Castro Neves Hélio Henrique Rivabene Ferreira Dias Cassio Roberto Macedo Maia Ricardo Alan Verdú Ramos 	
DOI 10.22533/at.ed.67419220125	
CAPÍTULO 26	344
ANÁLISE DA PRODUÇÃO DE 24 MESES DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE NO ESTADO DO TOCANTINS	
<ul style="list-style-type: none"> Brunno Henrique Brito Thálisson Câmara Belém Márcio Serafim de Almeida Felipe Tozzi Bittencourt 	
DOI 10.22533/at.ed.67419220126	
CAPÍTULO 27	359
ESTUDO TECNOLÓGICO DE SISTEMAS DE CULTIVO DE MICROALGAS	
<ul style="list-style-type: none"> Robson de Souza Santiago Bruno Lindbergh Sousa Yordanka Reyes Cruz Estevão Freire Suely Pereira Freitas Gisel Chenard Díaz 	
DOI 10.22533/at.ed.67419220127	
CAPÍTULO 28	376
INFLUÊNCIA DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EM AEROPORTOS SOBRE A SEGURANÇA DAS OPERAÇÕES AERONÁUTICAS	
<ul style="list-style-type: none"> Francisco Wilson Falcão Júnior Paulo Cesar Marques de Carvalho Wilson Cabral de Sousa Júnior 	
DOI 10.22533/at.ed.67419220128	
SOBRE O ORGANIZADOR	390

IMPACTO DA LEI PALMAS SOLAR NA ANÁLISE FINANCEIRA DA MICROGERAÇÃO FOTOVOLTAICA EM PALMAS - TO

Isamara Quirino de Castro Carlos

Instituto Federal do Tocantins – *Campus* Palmas
Palmas - TO

Brunno Henrique Brito

Instituto Federal do Tocantins – *Campus* Palmas
Palmas - TO

Felipe Tozzi Bittencourt

Instituto Federal do Tocantins – *Campus* Palmas
Palmas - TO

RESUMO: Após a regulamentação dos sistemas de geração distribuída em 2012, por meio da Resolução Normativa nº 482 da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), atualizada em 2015 pela Resolução Normativa nº 687 de 24 de novembro, os Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede (SFCR) têm ficado cada vez mais atrativos devido às quedas frequentes nos custos dos sistemas e às altas periódicas nas tarifas de energia. Nesse sentido, este artigo realiza o estudo do impacto da Lei Palmas Solar, que incentiva a inserção de SFCR no município de Palmas - TO, na viabilidade econômica dos sistemas de Microgeração Distribuída. Para isso, inicialmente é realizado o estudo do tempo de retorno financeiro e, na sequência, é realizada uma análise comparativa entre se investir no SFCR ou em uma aplicação de renda fixa. Os resultados aqui apresentados mostram que a

economia gerada pelo SFCR pode fazer este sistema se pagar entre 33 e 69 meses e que o valor acumulado investindo-se em um SFCR à longo prazo pode ficar até 4,4 vezes maior que o valor acumulado investindo em renda fixa. Os resultados também mostram que os incentivos da Lei Palmas Solar podem fazer o sistema se pagar até 32 meses mais rápido.

PALAVRAS-CHAVE: Energia Solar, Viabilidade, Microgeração.

THE IMPACT OF PALMAS SOLAR LAW IN THE FINANCIAL AVALIATION OF THE PHOTOVOLTAIC MICROGENERATION IN PALMAS - TO

ABSTRACT: After the regulation of the distributed generation systems in 2012 by ANEEL Normative Resolution No. 482 (National Agency for Electric Energy), and updated by Normative Resolution No. 687 of November 24, 2015, grid-connected Photovoltaic Systems (SFCR) have become increasingly attractive for the frequent falls in system costs and periodic increases in energy tariffs. In this sense, this article studies the impact of the Palmas Solar Law, which stimulates the inclusion of SFCR in the municipality of Palmas-TO, in the economic viability of these systems. For this, the study of the time of financial return is initially carried out, and a comparative analysis

is then carried out between whether to invest in the SFCR or in a fixed income application. The results presented here show that the SFCR-generated economy can make this system if it repays between 33 and 69 months and that the value accumulated by investing in a long-term SFCR can be up to 4.4 times greater than the accumulated value by investing in fixed income. They also show that the incentives of the Palmas Solar Law can make the system pay itself up to 32 months faster.

KEYWORDS: Solar energy, Feasibility, Microgeneration.

1 | INTRODUÇÃO

O sistema de geração e transmissão de energia elétrica brasileiro possui matriz energética hidro-termo-eólica com predominância hídrica (ONS), sendo que o potencial hidráulico corresponde a cerca de 61% da mesma (ANEEL, 2017). Para diminuir os custos de produção de energia elétrica, é necessário que haja índices pluviométricos satisfatório (BRITO, 2015). Além disso, existe cada vez menos viabilidade de construção de grandes usinas hidrelétricas próximas aos grandes centros de carga, o que resulta em construções de linhas de transmissão maiores, uma vez que linhas mais longas causam mais perdas de energia. Em virtude da distância das usinas hidrelétricas até suas cargas e a dependência por bons índices pluviométricos, faz-se necessário intensificar a geração distribuída, também conhecida como geração próxima à carga (FINARDI, 2003).

Nesse cenário, a geração distribuída de fontes renováveis de energia tem sido gradualmente incentivada a nível global. No Brasil, por exemplo, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) publicou em 2012 a Resolução Normativa nº 482, posteriormente atualizada em 2015 pela resolução nº 687, que regulamenta a inserção da microgeração (sistemas de até 75kW de potência) e da minigeração (sistemas maiores que 75kW e menores que 5MW de potência) distribuída de fontes renováveis de energia e apresenta o sistema de compensação da energia elétrica produzida e injetada na rede elétrica (ANEEL, 2016).

Após a publicação da Resolução 482, a inserção de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede (SFCR) têm se destacado. Alguns dos fatores que podem ter contribuído para essa tendência pelo uso dos SFCR's são: praticidade na instalação, baixo custo de manutenção, tendência de queda nos custos dos SFCR's nos últimos anos, altas frequências nas tarifas de energia das concessionárias. Nesses cenários, a ANEEL tem projetado um crescimento exponencial da inserção de SFCR's (ANEEL, 2017).

Nos SFCR's, a energia gerada pelos módulos fotovoltaicos passa por um inversor, que tem a função de sincronizar a energia gerada pelo sistema fotovoltaico com a energia da rede elétrica, e é conectada à rede elétrica da concessionária de energia. Nesse caso, ocorre o sistema de compensação, onde a unidade consumidora troca

energia elétrica com a concessionária, ou seja, a unidade consumidora fornece energia elétrica à rede quando o consumo é menor que a geração fotovoltaica e consome a energia elétrica da rede quando a geração é menor que o consumo. O sistema de compensação baseia-se em créditos de energia. Quando a energia gerada com a energia consumida apresentarem um balanço líquido positivo, são gerados créditos de energia que podem ser utilizados para abater o consumo nos meses subsequentes (ANEEL, 2016).

Os moradores do município de Palmas - TO têm motivos para acreditar na geração fotovoltaica. A capital do estado do Tocantins possui índices médios de irradiação solar (que está diretamente ligado à geração de um módulo fotovoltaico) equivalente ao dobro dos índices do país com a maior capacidade instalada de geração fotovoltaica (Alemanha) (SWERA, 2017). Palmas - TO também é privilegiada em incentivos fiscais por parte do governo estadual e municipal, dentre os quais se destacam o desconto de até 80% do Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU) por 5 anos proporcional ao índice de aproveitamento de energia solar, do Imposto Sobre Serviços de Qualquer Natureza (ISSQN), e do Imposto de Transferência de Bens Imóveis (ITBI), concedido pela Lei Complementar nº 327 de 2015. Além disso, existe a isenção de 25% do Imposto de Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) sobre a energia injetada na rede elétrica, concedido pelo governo do Estado do Tocantins em novembro de 2015 por meio do Decreto nº 5338.

Todos esses incentivos governamentais e os bons índices de irradiação solar sugerem um bom investimento em SFCR's em Palmas - TO. Deste modo, o presente artigo visa analisar a viabilidade econômica, com foco no desconto do IPTU proporcionado pela Lei Palmas Solar, de um sistema de microgeração fotovoltaico na cidade de Palmas - TO.

2 | METODOLOGIA

A metodologia adotada neste trabalho consiste inicialmente em pesquisas bibliográficas, análises de artigos, normas técnicas de distribuição, resoluções, monografias e sites especializados para conhecer o processo de geração fotovoltaica, os detalhes técnicos relativos aos SFCR's, e as ferramentas relativas às análises econômicas. Na sequência, foi realizada uma pesquisa de campo para levantar os custos dos sistemas em Palmas - TO. Por fim, foi utilizado o programa computacional EXCEL para realizar as diversas simulações dos SFCR's.

A proposta desse artigo consiste em fazer duas análises para diversos sistemas de microgeração fotovoltaicos. A primeira análise consiste no estudo de tempo de retorno do investimento dos diversos sistemas. Já a segunda análise consiste em uma análise comparativa entre investir em renda fixa ou no SFCR.

Para realizar o estudo de tempo de retorno de investimento, foi necessário seguir, na sequência, as seguintes etapas:

- Estimar a geração mensal de cada sistema considerando a Equação 1 (VILLALVA; GAZOLI, 2015).

$$G = P \times I \times n \times \eta \quad (1)$$

Onde: P = Potência instalada do sistema (Wp); I = irradiação solar incidente no plano do sistema (KWh/m². dia); n = número de unidades do intervalo de tempo a ser considerado (horas, dias, meses); η = rendimento.

- Considerar a depreciação anual na geração especificada pelos painéis fotovoltaicos.
- Estimar o custo de cada sistema considerando: o preço base do kit de energia solar que forma o sistema fotovoltaico, o valor do projeto necessário para a instalação do sistema, o valor da mão de obra para instalação do sistema e uma margem para eventuais gastos extras que possam surgir.
- Utilizar a ferramenta matemática denominada payback descontado (tempo de retorno sobre o investimento). Para a estimativa da economia mensal proporcionada pelo sistema, foi considerada a Equação 2 (CURY; SOUZA; GONÇALVES; FILHO, 2012).

$$VP_{FCp} = FC_p \div (1 + TMA)^P \quad (2)$$

Onde: VP – valor presente líquido da economia proporcionada pelo sistema; FC – fluxo de caixa dado pelo produto da tarifa da energia vigente multiplicado pela geração daquele mês; TMA – taxa mínima de atratividade; P – períodos, em anos, futuros considerados.

Para realizar a análise comparativa entre investir em renda fixa ou no SFCR, foi necessário seguir as seguintes etapas:

- Estimar o rendimento de um valor igual ao do sistema fotovoltaico em uma aplicação de renda fixa ao longo de 25 anos, tempo médio de vida útil do SFCR;
- Investir em um SFCR e estimar o rendimento das aplicações das economias proporcionadas pelo sistema na mesma carteira de renda fixa que considera rendimento da aplicação anterior.
- Verificar o mês que o valor dos investimentos se igualam;
- Comparar os valores acumulados ao final de 15 anos e 25 anos, considerando a troca do inversor após 15 anos (tempo médio de vida útil) (ANEEL, 2017).

3 | RESULTADOS

Para a obtenção dos resultados apresentados a seguir, foi considerado: rendimento do sistema de 80%; irradiações médias mensais obtidas pelos dados da NASA, com média anual de 5,36 kWh/m².dia (SWERA, 2017); depreciação de 0,6% ao ano na geração do painel fotovoltaico; tarifa vigente de R\$0,80367/kWh; reajuste anual médio de 5,6% na tarifa de energia (Nakabayashi, 2014); desconto da meta da inflação (TMA = 4,5%); taxa de rendimento de renda fixa igual a 0,6% ao mês; troca do inversor após 15 anos; e descontos médios de IPTU's variando entre R\$0,00 e R\$1.600,00.

Os custos levantados para os SFCR's simulados, bem como a geração anual de cada sistema, podem ser conferidos na Tab. 1. Os orçamentos foram realizados considerando painéis fotovoltaicos de 320Wp.

SFCR (kWp)	Base (R\$)	Mão de Obra (R\$)	Projeto (R\$)	Outros (R\$)	TOTAL (R\$)	Reais por kWp (R\$)	Geração Anual (kWh)
1,28	6622	600	1500	500	922	7204	2003
1,6	8010	750	1500	500	10760	6725	2504
1,92	9999	900	1500	500	12899	6718	3005
2,56	11581	1200	2000	600	15381	6008	4007
3,2	12661	1500	2000	600	16761	5238	5008
3,84	15615	1800	2000	600	20015	5212	6010
4,48	16937	2100	2000	600	21637	4829	7012
5,12	17458	2400	2000	750	22608	4416	8013
5,76	19397	2700	2000	750	24847	4314	9015
6,4	20979	3000	2000	750	26729	4176	10017
7,68	27147	3600	2000	750	33497	4362	12020
8,96	32442	4200	2500	750	39892	4452	14023
9,6	33247	4500	2500	750	40997	4270	15025
10,24	36362	4800	2500	750	44412	4337	16027
15,36	49443	7200	3000	1000	60643	3948	24040
20,48	61840	9600	3000	1000	75440	3684	32054
24,96	72182	11700	3500	1000	88382	3541	39065
30,72	83729	14400	3500	1000	102629	3341	48081
40,32	119741	18900	3000	1000	142641	3538	63106
49,92	143457	23400	3500	1000	171356	3433	78131
61,44	166364	28800	4000	1000	200164	3258	96161
74,88	209739	35100	5000	1000	250839	3349	117196

Tabela 1 - Custos e gerações anuais de sistemas em Palmas - TO

Para facilitar o entendimento dos resultados, inicialmente as análises são realizadas em um sistema base, sendo escolhido o de 3,2 kWp, e na sequência as análises são generalizadas para todos os sistemas simulados.

3.1 Tempo de Retorno Financeiro no Caso Base

A Fig. 1 apresenta o comportamento do retorno financeiro ao longo do tempo no SFCR de 3,2 kWp. Percebe-se, nesta figura, que o sistema se paga por volta dos 51 meses e o retorno total do valor investido ocorre após cerca de 101 meses.

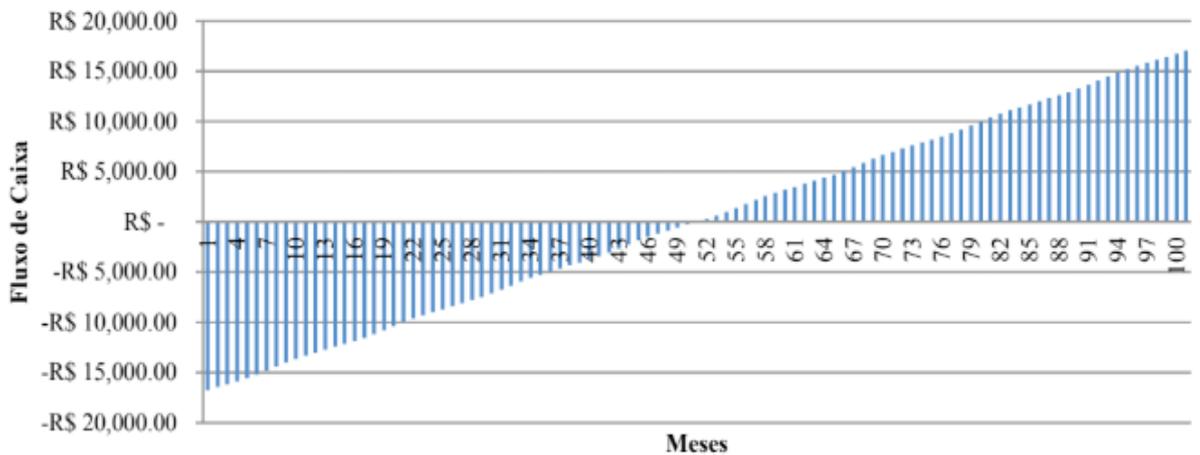
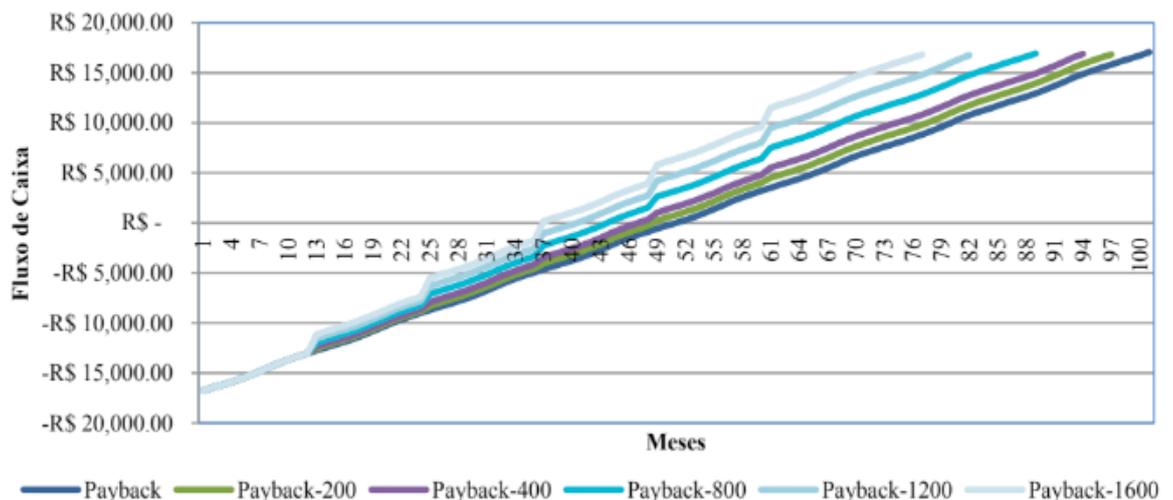


Figura 1 – Payback no sistema de 3,2 kWp sem o desconto do IPTU

Na Fig. 2, podem ser vistos os efeitos que diferentes descontos médios de IPTU's ao longo dos 5 primeiros anos de funcionamento do SFCR provocam no tempo de retorno do investimento. Por exemplo, a linha referente ao índice “Payback-200” refere-se à análise do tempo de retorno do investimento quando o desconto médio no IPTU da residência com o SFCR é de R\$200,00. Neste caso o sistema se paga em cerca de 49 meses, dois meses mais cedo que quando não é concedido o desconto, e o retorno total do valor investido ocorre após cerca de 97 meses, 4 meses mais cedo que quando não é concedido o desconto. Na simulação que considera um desconto médio de R\$1.600,00 por cinco anos no IPTU (linha “Payback-1600”), o sistema se paga após cerca de 37 meses e o retorno total do investimento ocorre após cerca de 77 meses.



3.2 Comparação de Investimentos no Caso Base

A Fig. 3 traz a comparação entre investir na carteira de renda fixa todo o dinheiro que seria investido em um SFCR e investir o dinheiro resultante da economia gerada pelo SFCR de 3,2 kWp na mesma carteira de renda fixa ao longo de 25 anos. Nesta figura, percebe-se que o valor acumulado ao final de 25 anos investindo no SFCR (R\$275.290,61), mesmo considerando a troca do inversor após 15 anos de operação, ficou bem maior que o valor acumulado investindo o valor do sistema diretamente em renda fixa (R\$100.255,29). Em outras palavras, podemos concluir que o valor acumulado investindo no sistema após 25 anos ficou cerca de 2,75 vezes maior que o valor acumulado investindo o valor do sistema diretamente na aplicação de renda fixa. Isso ocorre devido ao valor investindo no SFCR ter correção anual da tarifa de energia elétrica além da correção habitual da rentabilidade da renda fixa. Destaca-se também que o valor acumulado se iguala após cerca de 61 meses.

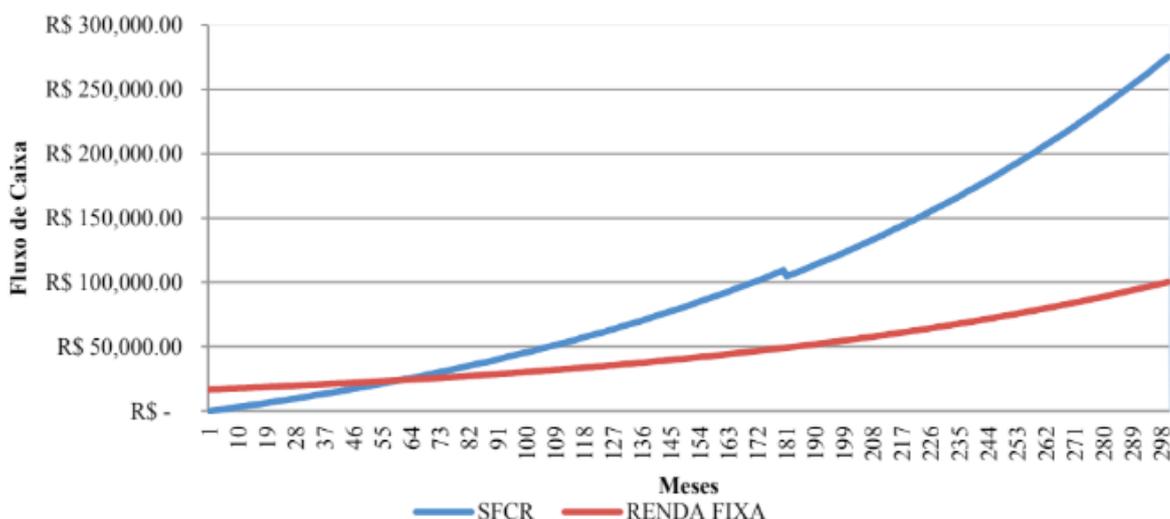


Figura 3 – Comparação de investimentos (Renda fixa x SFCR sem desconto no IPTU)

Quando é comparado o investimento diretamente em renda fixa com o investimento das economias proporcionadas pelo SFCR considerando as economias proporcionadas pelas diferentes médias de desconto de IPTU, o valor acumulado após 25 anos do investimento no SFCR tende a aumentar ainda mais, como pode ser visualizado na Fig. 4. No melhor cenário, considerando desconto médio de R\$1.600,00 ao ano por 5 anos, o valor acumulado investindo no sistema ficou cerca de 3,1 vezes maior que o valor acumulado investindo o valor do sistema diretamente em renda fixa.

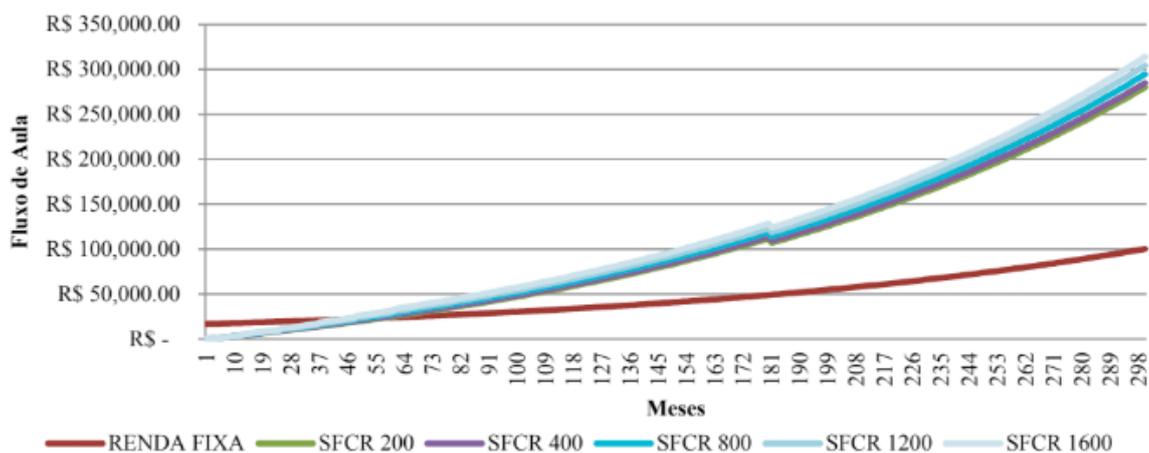


Figura 4 – Comparação de Investimentos (Renda Fixa x SFCR com diferentes descontos no IPTU)

3.3 Síntese dos Resultados no Caso Base

A partir dos resultados anteriormente apresentados, e diversificando mais os cenários simulados, obtém-se os resultados apresentados na Tab. 2, que apresenta uma síntese de todos os resultados obtidos considerando o sistema de 3,2kWp para diferentes descontos médios de IPTU. Nesta tabela pode ser verificado, na sequência: o tempo que o sistema leva para se pagar (linha “pago”); o tempo que ocorre o retorno total do valor total investido (linha “retorno”); o tempo que os investimentos se igualam quando são comparados (linha “igualar”); quantas vezes o valor acumulado investindo no SFCR ao final de 15 anos fica maior que o valor investindo o valor do sistema diretamente em renda fixa (linha “após 15”); e quantas vezes o valor acumulado investindo no SFCR ao final de 25 anos fica maior que o valor investindo o valor do sistema diretamente em renda fixa (linha “após 25”). Em resumo, percebe-se, por exemplo, que o sistema se paga entre 37 e 51 meses; o retorno total do valor investido ocorre entre 77 e 101 meses; os tempos que os investimentos se igualam ocorre entre 44 e 61 meses; o valor acumulado investindo as economias do SFCR pode ficar entre 2,2 e 2,6 vezes maior após 15 anos e entre 2,8 e 3,1 vezes maior após 25 anos que o valor acumulado investindo o valor do sistema diretamente em uma aplicação de renda fixa.

	Descontos no IPTU (R\$)																					
	0	120	160	200	240	320	400	480	560	640	720	800	880	960	1040	1120	1200	1280	1360	1440	1520	1600
PAGO	51	50	49	49	49	48	47	47	46	45	45	44	44	43	42	42	41	40	39	39	38	37
RETORNO	101	99	98	97	97	95	94	93	92	91	90	89	88	86	85	84	82	81	80	79	78	77
IGUALA	61	59	58	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	49	49	49	48	47	46	45	45	44
APOS 15	2,2	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,6	2,6	2,6	2,6
APOS 25	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	3,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1

Tabela 2 - Resultados do sistema base de 3,2kWp

Logo, percebe-se que o principal incentivo da Lei Palmas Solar, desconto no IPTU, para o SFCR de 3,2 kWp pode causar uma redução significativa no tempo que o sistema leva para ter o retorno financeiro e no valor acumulado quando se investe

DESC.	Tamanho do SFCR (kWp)																					
	1,28	1,60	1,92	2,56	3,20	3,84	4,48	5,12	5,76	6,40	7,68	8,96	9,60	10,24	15,36	20,48	24,96	30,72	40,32	49,92	61,44	74,88
0	90	82	82	71	61	60	56	50	49	47	49	50	48	49	44	41	39	37	39	38	36	37
120	83	78	78	69	59	59	54	49	48	46	49	50	48	48	44	41	39	37	39	38	36	37
160	81	76	77	68	58	58	54	49	48	46	48	50	47	48	44	41	39	37	39	38	36	37
200	80	74	76	67	58	58	54	49	47	46	48	49	47	48	44	41	39	37	39	38	36	37
240	78	73	74	66	57	57	53	48	47	46	48	49	47	48	44	41	39	37	39	38	36	37
320	74	70	72	65	56	57	53	48	47	45	48	49	47	48	44	41	39	37	39	38	36	37
400	70	67	69	63	55	56	52	47	46	45	47	49	47	47	44	41	39	36	39	38	36	37
480	67	65	67	61	54	55	51	47	46	45	47	49	46	47	43	41	39	36	39	38	36	37
560	64	62	65	61	53	54	50	46	45	44	47	48	46	47	43	40	39	36	39	38	36	37
640	61	61	62	60	52	54	49	46	45	44	46	48	46	47	43	40	39	36	39	38	35	37
720	61	60	61	58	51	54	49	45	45	44	46	48	46	46	43	40	38	36	39	38	35	37
800	58	58	61	57	50	52	49	45	44	43	46	47	45	46	43	40	38	36	39	37	35	37
880	55	56	60	56	49	51	49	44	44	43	45	47	45	46	43	40	38	36	39	37	35	37
960	54	54	58	55	49	50	48	44	44	43	45	47	45	46	43	40	38	36	39	37	35	37
1040	51	52	56	53	49	49	47	44	43	42	45	46	45	45	42	40	38	36	38	37	35	37
1120	49	49	55	52	49	49	47	43	43	42	45	46	44	45	42	39	38	36	38	37	35	37
1200	49	49	53	50	48	49	46	43	42	41	44	46	44	45	42	39	38	36	38	37	35	37
1280	49	49	51	49	47	49	46	42	42	41	44	46	44	45	42	39	38	36	38	37	35	37
1360	49	49	49	49	46	48	45	42	42	41	44	45	44	45	42	39	38	36	38	37	35	36
1440	48	49	49	49	45	47	45	41	41	40	43	45	44	44	42	39	37	36	38	37	35	36
1520	46	48	49	49	45	47	44	41	41	40	43	45	43	44	41	39	37	36	38	37	35	36
1600	44	46	49	49	44	46	44	40	40	39	43	45	43	44	41	39	37	36	38	37	35	36

Tabela 4 – Tempo em que os investimentos se igualam quando comparados

Percebe-se, analisando a Tab. 4, que os tempos para os investimentos se igualarem variou entre 36 meses (no SFCR de 74,88kWp que tem um desconto médio de R\$1.600,00) e 90 meses (no SFCR de 1,28kWp sem desconto no IPTU).

DESC.	Tamanho do SFCR (kWp)																					
	1,3	1,6	1,9	2,6	3,2	3,8	4,5	5,1	5,8	6,4	7,7	8,96	9,6	10,2	15,4	20,5	25	30,7	40,3	49,9	61,4	74,9
0	1,63	1,74	1,74	1,95	2,24	2,25	2,42	2,65	2,71	2,80	2,68	2,63	2,74	2,70	2,97	3,18	3,31	3,50	3,31	3,41	3,59	3,50
120	1,68	1,79	1,78	1,98	2,26	2,27	2,45	2,67	2,73	2,82	2,70	2,64	2,75	2,71	2,97	3,19	3,31	3,51	3,31	3,41	3,60	3,50
160	1,70	1,80	1,79	1,99	2,27	2,28	2,45	2,68	2,74	2,83	2,70	2,65	2,76	2,71	2,98	3,19	3,31	3,51	3,31	3,41	3,60	3,50
200	1,71	1,82	1,81	2,00	2,28	2,29	2,46	2,69	2,75	2,83	2,71	2,65	2,76	2,72	2,98	3,19	3,32	3,51	3,32	3,42	3,60	3,50
240	1,73	1,83	1,82	2,01	2,29	2,29	2,47	2,69	2,75	2,84	2,71	2,65	2,77	2,72	2,98	3,19	3,32	3,51	3,32	3,42	3,60	3,50
320	1,77	1,86	1,84	2,03	2,31	2,31	2,48	2,71	2,77	2,85	2,72	2,66	2,77	2,73	2,99	3,20	3,32	3,52	3,32	3,42	3,60	3,50
400	1,80	1,89	1,87	2,05	2,33	2,33	2,50	2,72	2,78	2,86	2,73	2,67	2,78	2,74	2,99	3,20	3,32	3,52	3,32	3,42	3,60	3,50
480	1,84	1,92	1,89	2,08	2,35	2,34	2,51	2,74	2,79	2,88	2,74	2,68	2,79	2,74	3,00	3,20	3,33	3,52	3,32	3,42	3,60	3,50
560	1,87	1,95	1,92	2,10	2,37	2,36	2,53	2,75	2,81	2,89	2,75	2,69	2,80	2,75	3,00	3,21	3,33	3,53	3,33	3,42	3,61	3,50
640	1,91	1,98	1,94	2,12	2,39	2,38	2,54	2,77	2,82	2,90	2,76	2,69	2,80	2,76	3,01	3,21	3,34	3,53	3,33	3,43	3,61	3,51
720	1,94	2,01	1,97	2,14	2,41	2,39	2,56	2,78	2,83	2,91	2,77	2,70	2,81	2,77	3,01	3,22	3,34	3,53	3,33	3,43	3,61	3,51
800	1,98	2,04	1,99	2,16	2,43	2,41	2,57	2,80	2,84	2,92	2,78	2,71	2,82	2,77	3,02	3,22	3,34	3,54	3,33	3,43	3,61	3,51
880	2,01	2,07	2,02	2,18	2,45	2,42	2,59	2,81	2,86	2,94	2,79	2,72	2,83	2,78	3,02	3,23	3,35	3,54	3,33	3,43	3,61	3,51
960	2,05	2,10	2,04	2,20	2,47	2,44	2,60	2,82	2,87	2,95	2,80	2,73	2,84	2,79	3,03	3,23	3,35	3,54	3,34	3,43	3,61	3,51
1040	2,08	2,13	2,07	2,22	2,49	2,46	2,62	2,84	2,88	2,96	2,81	2,74	2,84	2,79	3,04	3,23	3,35	3,55	3,34	3,44	3,61	3,51
1120	2,12	2,16	2,09	2,24	2,51	2,47	2,63	2,85	2,90	2,97	2,82	2,74	2,85	2,80	3,04	3,24	3,36	3,55	3,34	3,44	3,62	3,51
1200	2,15	2,19	2,12	2,26	2,53	2,49	2,65	2,87	2,91	2,99	2,83	2,75	2,86	2,81	3,05	3,24	3,36	3,55	3,34	3,44	3,62	3,51
1280	2,19	2,22	2,14	2,29	2,54	2,51	2,66	2,88	2,92	3,00	2,84	2,76	2,87	2,82	3,05	3,25	3,37	3,56	3,35	3,44	3,62	3,52
1360	2,22	2,25	2,17	2,31	2,56	2,52	2,68	2,90	2,94	3,01	2,85	2,77	2,88	2,82	3,06	3,25	3,37	3,56	3,35	3,44	3,62	3,52
1440	2,26	2,28	2,20	2,33	2,58	2,54	2,69	2,91	2,95	3,02	2,86	2,78	2,88	2,83	3,06	3,26	3,37	3,56	3,35	3,45	3,62	3,52
1520	2,29	2,31	2,22	2,35	2,60	2,55	2,71	2,92	2,96	3,03	2,87	2,78	2,89	2,84	3,07	3,26	3,38	3,56	3,35	3,45	3,62	3,52
1600	2,33	2,34	2,25	2,37	2,62	2,57	2,72	2,94	2,98	3,05	2,88	2,79	2,90	2,85	3,07	3,26	3,38	3,57	3,36	3,45	3,63	3,52

Tabela 5 – Quantas vezes o acumulado no SFCR fica maior que na renda fixa após 15 anos

A partir da análise da Tab. 5, é possível verificar que, após 15 anos, o valor acumulado investindo-se no SFCR chegou a ser 3,52 vezes maior que o valor acumulado do valor do sistema sendo investido diretamente em uma aplicação de renda fixa.

DESC.	Tamanho do SFCR (kWp)																							
	1,28	1,6	1,92	2,56	3,2	3,84	4,48	5,12	5,76	6,4	7,68	8,96	9,6	10,2	15,4	20,5	25	30,7	40,3	49,9	61,4	74,9		
0	1,96	2,62	2,12	2,38	2,75	2,76	2,99	3,28	3,36	3,47	3,32	3,25	3,39	3,34	3,68	3,95	4,12	4,37	4,12	4,25	4,48	4,36		
120	2,02	2,65	2,15	2,41	2,77	2,78	3,01	3,30	3,38	3,49	3,33	3,26	3,41	3,35	3,69	3,96	4,12	4,37	4,12	4,25	4,49	4,36		
160	2,03	2,67	2,17	2,42	2,78	2,79	3,02	3,31	3,38	3,49	3,34	3,27	3,41	3,33	3,69	3,96	4,12	4,38	4,12	4,25	4,49	4,36		
200	2,05	2,68	2,18	2,43	2,79	2,80	3,02	3,31	3,39	3,50	3,34	3,27	3,41	3,36	3,69	3,96	4,13	4,38	4,13	4,25	4,49	4,36		
240	2,07	2,69	2,19	2,44	2,80	2,81	3,03	3,32	3,40	3,50	3,35	3,27	3,42	3,36	3,70	3,97	4,13	4,38	4,13	4,26	4,49	4,36		
320	2,10	2,72	2,22	2,46	2,82	2,82	3,05	3,34	3,41	3,52	3,36	3,28	3,43	3,37	3,70	3,97	4,13	4,38	4,13	4,26	4,49	4,36		
400	2,14	2,74	2,24	2,48	2,84	2,84	3,06	3,35	3,42	3,53	3,37	3,29	3,43	3,38	3,71	3,97	4,13	4,39	4,13	4,26	4,49	4,36		
480	2,17	2,77	2,27	2,51	2,86	2,86	3,08	3,36	3,44	3,54	3,38	3,30	3,44	3,38	3,71	3,98	4,14	4,39	4,13	4,26	4,49	4,37		
560	2,21	2,80	2,29	2,53	2,88	2,87	3,09	3,38	3,45	3,55	3,39	3,31	3,45	3,39	3,72	3,98	4,14	4,39	4,14	4,26	4,50	4,37		
640	2,24	2,82	2,32	2,55	2,90	2,89	3,11	3,39	3,46	3,57	3,40	3,32	3,46	3,40	3,72	3,99	4,15	4,39	4,14	4,26	4,50	4,37		
720	2,28	2,85	2,34	2,57	2,92	2,91	3,12	3,41	3,48	3,58	3,41	3,32	3,46	3,41	3,73	3,99	4,15	4,40	4,14	4,27	4,50	4,37		
800	2,31	2,87	2,37	2,59	2,94	2,92	3,14	3,42	3,49	3,59	3,42	3,33	3,47	3,41	3,73	4,00	4,15	4,40	4,14	4,27	4,50	4,37		
880	2,35	2,90	2,39	2,61	2,96	2,94	3,15	3,44	3,50	3,60	3,43	3,34	3,48	3,42	3,74	4,00	4,16	4,40	4,15	4,27	4,50	4,37		
960	2,38	2,92	2,42	2,63	2,98	2,95	3,17	3,45	3,52	3,61	3,44	3,35	3,49	3,43	3,74	4,00	4,16	4,41	4,15	4,27	4,50	4,37		
1040	2,42	2,95	2,44	2,65	3,00	2,97	3,18	3,46	3,53	3,63	3,45	3,36	3,50	3,43	3,75	4,01	4,16	4,41	4,15	4,27	4,50	4,37		
1120	2,46	2,98	2,47	2,67	3,02	2,99	3,20	3,48	3,54	3,64	3,46	3,36	3,50	3,44	3,75	4,01	4,17	4,41	4,15	4,28	4,51	4,38		
1200	2,49	3,00	2,49	2,70	3,04	3,00	3,21	3,49	3,55	3,65	3,47	3,37	3,51	3,45	3,76	4,02	4,17	4,42	4,15	4,28	4,51	4,38		
1280	2,53	3,03	2,52	2,72	3,06	3,02	3,23	3,51	3,57	3,66	3,48	3,38	3,52	3,46	3,77	4,02	4,17	4,42	4,16	4,28	4,51	4,38		
1360	2,56	3,05	2,54	2,74	3,07	3,04	3,24	3,52	3,58	3,67	3,48	3,39	3,53	3,46	3,77	4,03	4,18	4,42	4,16	4,28	4,51	4,38		
1440	2,60	3,08	2,57	2,76	3,09	3,05	3,26	3,54	3,59	3,69	3,49	3,40	3,54	3,47	3,78	4,03	4,18	4,43	4,16	4,28	4,51	4,38		
1520	2,63	3,11	2,59	2,78	3,11	3,07	3,27	3,55	3,61	3,70	3,50	3,83	3,54	3,48	3,78	4,03	4,18	4,43	4,16	4,29	4,51	4,38		
1600	2,67	3,13	2,62	2,80	3,13	3,08	3,29	3,57	3,62	3,71	3,51	3,97	3,55	3,49	3,79	4,04	4,19	4,43	4,17	4,29	4,52	4,38		

Tabela 6 – Quantas vezes o acumulado no SFCR fica maior que na renda fixa após 25 anos

Analisando a Tab. 6, é possível verificar que após 25 anos, e considerando a troca do inversor após 15 anos, o valor acumulado investindo-se no SFCR chegou a ser 4,38 vezes maior que o valor acumulado do valor do sistema sendo investido diretamente em uma aplicação de renda fixa.

4 | CONCLUSÃO

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou uma análise de como os incentivos fiscais podem incentivar e melhorar a apuração dos resultados na viabilidade econômica de um microgerador na cidade de Palmas - TO. Além disso, também permitiu uma pesquisa comparativa entre investir todo o dinheiro necessário para instalar um SFCR em uma aplicação de renda fixa ou aplicar o dinheiro em um SFCR e investir a rentabilidade desse sistema na mesma carteira de renda fixa.

Os resultados são apresentados para unidades consumidoras com variados tamanhos de SFCR's enquadrados na microgeração distribuída, levando em consideração que a viabilidade da microgeração depende de condições diversas como, desempenho do sistema, nível de irradiação solar, energia gerada, perfil da curva de carga do microgerador e das condições vigentes nas tarifas de energia elétrica para o grupo consumidor em questão.

Analisando os payback's para cada tamanho de sistemas de microgeração fotovoltaicos simulados, percebeu-se que o tempo para o investimento ser pago pode variar entre 32 e 69 meses e na análise de retorno do investimento, verificou-se que o retorno total do investimento ocorre entre 64 e 137 meses. Constatando-se que quanto maior for o desconto do IPTU e maior o tamanho do sistema, menor é o tempo de retorno do investimento.

Na sequência da apresentação dos resultados, foi constatado que é muito mais

viável investir em um SFCR e aplicar o valor economizado do que aplicar todo o valor necessário para instalar esse sistema à longo prazo, tendo em vista que os tempos que os investimentos se igualam ocorre entre 36 e 90 meses, e que o valor acumulado investindo as economias do SFCR ocorre entre 1,63 e 3,52 vezes maior após 15 anos e entre 1,96 e 4,38 vezes maior após 25 anos que o valor acumulado investindo o valor do sistema diretamente em uma aplicação de renda fixa.

Dessa forma, percebe-se o quanto o incentivo do desconto do IPTU proporcionado pela Lei Palmas Solar pode ser vantajosa para instalação de um SFCR, constatando a excelência do investimento para médio e longo prazo, permitindo assim, que os objetivos propostos foram alcançados de forma satisfatória.

5 | AGRADECIMENTOS

Agradecimento especial aos meus professores orientadores Me. Brunno Henrique Brito e o Me. Felipe Tozzi Bittencourt pelo apoio e dedicação na construção e aperfeiçoamento deste artigo.

REFERÊNCIAS

- ANEEL - **Agência Nacional de Energia Elétrica**, 2017. Banco de Informações de Geração. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>
- ANEEL - **Agência Nacional de Energia Elétrica**, 2016. Cadernos Temáticos ANEEL: Micro e Minigeração Distribuída – Sistema de Compensação de Energia Elétrica, Brasil, Brasília.
- ANEEL - **Agência Nacional de Energia Elétrica**, 2012. Resolução Normativa N°482, de 17 de Abril de 2012, Brasil, Brasília.
- ANEEL - **Agência Nacional de Energia Elétrica**, 2015. Resolução Normativa N° 687, de 24 de Novembro de 2015, Brasil, Brasília.
- ANEEL - **Agência Nacional de Energia Elétrica**, 2017. Nota Técnica n° 0056/2017, Brasil, Brasília.
- BRITO, B. H, 2015. **Análise comparativa de diferentes metodologias para a solução do problema de comissionamento de unidades de usinas hidrelétricas acopladas em cascata**, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- CURY, M.; SOUZA, C.; GONÇALVES, D.; FILHO, J., 2012. **Série Gestão Empresarial: Finanças Corporativas**. Rio de Janeiro: FGV, 11ª EDIÇÃO, pp. 73-78.
- Estado do Tocantins, 2015. **Decreto N° 5338 de 20 de novembro de 2015**, Palmas.
- Finardi, E. C, 2003. **Alocação de Unidades Geradoras Hidrelétricas em Sistemas Hidrotérmicos utilizando relaxação lagrangeana e programação quadrática sequencial**. Tese de Doutorado, PPGEEL, UFSC, Florianópolis.
- NAKABAYASHI, R, 2014. **Microgeração Fotovoltaica no Brasil: Viabilidade Econômica**. 2014. 58 f. Dissertação (Mestrado em Energia) – Universidade de São Paulo, São Paulo.

ONS - **Operador Nacional do Sistema Elétrico**, 2015. Sistema Interligado Nacional (SIN), Operador Nacional do Sistema Elétrico, Brasil, Brasília.

Prefeitura Municipal de Palmas, 2015. **Lei Complementar Nº 327 de 24 de novembro de 2015**, Palmas.

SWERA - **National Renewable Energy Laboratory (NREL)**, 2017. Disponível em: <<https://maps.nrel.gov/swera/#/?aL=0&bL=groad&cE=0&IR=0&mC=40.21244%2C-91.625976&zL=4>>

VILLALVA, M. G, 2015. **Energia Solar Fotovoltaica: Conceitos e Aplicações**. 2. ed. São Paulo: Editora Érica.

SOBRE O ORGANIZADOR:

Paulo Jayme Pereira Abdala possui graduação em Engenharia Eletrônica pelo Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca - RJ (1988), mestrado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2005) e pós-graduação em Gestão de Aviação Civil pela Universidade de Brasília (2003). Entre 1989 e 2008 foi Chefe do Laboratório de Ruído Aeronáutico e Emissões de Motores do DAC/ANAC, tendo desenvolvido centenas de estudos sobre poluição sonora e atmosférica oriundas da atividade aeronáutica. Foi representante oficial do Brasil em diversos Fóruns Internacionais sobre meio ambiente promovidos pela Organização de Aviação Civil Internacional OACI - Agência da ONU. Foi Coordenador dos Cursos de Engenharia de Produção, Elétrica, Civil e Mecânica na UNOPAR/PG entre 2013 e 2018. Atualmente é Consultor Independente para a AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL, OACI e INFRAERO. Tem experiência na área de Engenharia Eletrônica, atuando principalmente nos seguintes temas: acústica, meio ambiente e pedagogia (metodologia TRAINAIR/OACI).

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-067-4



9 788572 470674